

**PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM)  
II PADA MESIN *BLOWING OM*  
(Studi Kasus: PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang)**

**PRODUCTION MACHINE MAINTENANCE PLANNING WITH *RELIABILITY  
CENTERED MAINTENANCE* (RCM) II IN *BLOWING OM* MACHINE  
(A Case Study in PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang)**

**Irawan Harnadi Bangun<sup>1)</sup>, Arif Rahman<sup>2)</sup>, Zefry Darmawan<sup>3)</sup>**

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: [irawan.bangun@gmail.com](mailto:irawan.bangun@gmail.com)<sup>1)</sup>, [posku@ub.ac.id](mailto:posku@ub.ac.id)<sup>2)</sup>, [zefry\\_gue@yahoo.com](mailto:zefry_gue@yahoo.com)<sup>3)</sup>

**Abstrak**

*PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang mesin-mesin nya bekerja secara terus menerus pada saat produksi sehingga menyebabkan mesin banyak yang mengalami kerusakan saat beroperasi. Untuk mengurangi kerusakan tersebut perlu adanya kebijakan perawatan yang optimal sehingga mesin dapat beroperasi dengan baik. Pada penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II untuk menyelesaikan masalah tersebut. Mesin *Blowing OM* merupakan salah satu mesin yang penting dalam proses produksi benang. Mesin *Blowing OM* memiliki downtime tertinggi sehingga penelitian akan terfokus pada kompoenen mesin *Blowing OM*. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa komponen kritis pada mesin *Blowing OM* berdasarkan frekuensi kerusakan mesin dan total downtime adalah komponen flat belt dan spike lattice. Hasil analisis interval perawatan menunjukkan bahwa jenis kerusakan permukaan karet flat belt tidak rata memiliki interval perawatan yang optimal sebesar 510 jam, karet flat belt longgar 260 jam, flat belt putus 580 jam, kayu spike lattice patah 620 jam, dan paku spike lattice patah 500 jam. Dari perhitungan total biaya perawatan optimal diperoleh hasil dengan jenis kerusakan permukaan karet flat belt tidak rata sebesar Rp 7.973.519,82, karet flat belt longgar Rp 11.000.673,81, flat belt putus sebesar Rp 14.061.553,06, kayu spike lattice patah sebesar Rp 19.170.330,63, dan paku spike lattice patah sebesar Rp 30.880.512,66. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II dibandingkan dengan total biaya perawatan sebelumnya terjadi penurunan biaya perawatan dalam mesin *Blowing OM* sebesar 10,27%.*

**Kata kunci :** *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II, ,downtime, perawatan

**1. Pendahuluan**

Di dalam dunia industri, produk merupakan hasil utama dari suatu proses produksi yang membentuk suatu sistem proses produksi. Sistem proses produksi terdiri dari *input*, proses operasi, dan *output*. Agar suatu sistem proses produksi dapat terus berjalan, maka dibutuhkan kegiatan-kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) terhadap peralatan dan mesin-mesin produksi. Menurut Assauri (1993), perawatan diartikan sebagai suatu kegiatan pemeliharaan fasilitas pabrik serta mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar suatu keadaan operasi produksi sesuai dengan yang direncanakan. Hal ini dapat dicapai dengan cara mengurangi kemacetan atau kendala sekecil mungkin, sehingga sistem dapat bekerja secara efisien. Namun seringkali yang terjadi adalah kelalaian dan perawatan baru diingat apabila kerusakan telah terjadi dalam sistem produksi yang menyebabkan

penambahan biaya perawatan. Namun apabila perawatan dilakukan dengan menyeluruh dan teratur maka akan berguna untuk menjamin kontinuitas proses produksi dan umur dari fasilitas produksi itu.

Mesin-mesin produksi yang sudah tua adalah salah satu penyebab utama tingginya *downtime*. Tingginya *downtime* pada mesin merupakan masalah yang rata-rata dihadapi perusahaan sekarang ini. Kondisi ini tentu akan mengakibatkan proses produksi pada perusahaan menjadi tidak efisien.

Patal Lawang adalah perusahaan yang memproduksi benang dengan tipe R 30. Permasalahan yang sering terjadi di Patal Lawang adalah kondisi mesin yang sudah tua. Kondisi mesin yang tua menyebabkan tingginya *downtime* dari masing-masing mesin. Patal Lawang melaksanakan tindakan *preventive maintenance*, yaitu tindakan perawatan mesin-mesin produksi yang dilakukan setiap hari.

Tetapi meskipun telah dilakukan kegiatan *preventive maintenance* tetap saja masih terjadi kerusakan pada saat mesin beroperasi.

Di Patal Lawang memiliki beberapa mesin produksi dalam pembuatan benang R 30, seperti mesin *Blowing*, *Carding*, *Drawing*, *Speed*, *Spinning*, dan *Mach corner*. Dari data yang didapatkan pada tahun 2011-2013 di Patal Lawang didapatkan *downtime* mesin *Blowing* sebesar 2488 jam, mesin *Carding* sebesar 19233,95 jam, mesin *Drawing* sebesar 3667,8 jam, mesin *Speed* sebesar 3302 jam, mesin *Spinning* sebesar 31953,6 jam dan *Mach corner* sebesar 2175,4 jam. *Downtime* tersebut di *breakdown* kembali untuk mendapatkan *downtime* tertinggi dari tiap-tiap mesin produksi di Patal Lawang. Setelah dilakukan *breakdown* dari data *downtime* di dapat *downtime* tertinggi berada pada mesin *Blowing* OM, *Carding* 2, dan *Spinning* 14 dengan *downtime* dari masing-masing mesin, yaitu *Blowing* OM sebesar 1506,4 jam, *Carding* 2 sebesar 1410,5 jam dan *Spinning* 14 1453,2 jam

Berdasarkan data *downtime* dan frekuensi yang didapat di PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang) dengan rentang tahun 2011-2013 didapatkan *downtime* dan frekuensi yang paling besar terdapat pada mesin *Blowing* OM bila dibandingkan dengan mesin-mesin yang lain di Patal Lawang. Oleh maka itu, studi kasus penelitian ini akan berfokus pada mesin *Blowing* OM. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II merupakan metode penggabungan analisa kualitatif dan kuantitatif dalam penentuan program pemeliharaan (Moubray 1997). Analisa kualitatif terdapat pada tindakan perawatan yang diusulkan (*Proposed Task*) dan diambil apakah itu *scheduled restoration task*, *scheduled discard task*, dan *scheduled on condition task*, sedangkan analisa kuantitatif terdapat pada penentuan initial interval atau interval perawatan dengan mempertimbangkan biaya perawatan dan perbaikan komponen. Sehingga penentuan interval perawatan yang didapat akan memberikan nilai total *cost* yang minimum, semuanya akan dituangkan ke dalam *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) diagram dan RCM II *Decision Diagram* yang tergabung dalam RCM II *Decision Worksheet*.

Dari uraian diatas maka penelitian ini dilakukan untuk merencanakan kebijakan perawatan yang optimal untuk mempertahankan proses produksi pada kondisi yang optimal dengan menggunakan metode RCM II. Metode RCM II mempunyai kelebihan dalam penentuan

program pemeliharaan yang difokuskan pada komponen atau mesin-mesin kritis (*critical item list*) dan menghindari kegiatan perawatan yang tidak diperlukan dengan menentukan interval pemeliharaan yang tepat (Moubray 1997).

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Pengumpulan Data

Data Pada tahap ini merupakan penjelasan mengenai tahapan pengumpulan data. Untuk memperoleh data dalam penelitian ini, maka digunakan beberapa teknik pengumpulan data sebagai berikut.

#### 1. Observasi

Melakukan observasi atau pengamatan langsung terhadap keadaan sebenarnya yang terjadi di dalam perusahaan yang berhubungan erat dengan permasalahan yang diteliti. Dalam penelitian ini observasi dilakukan terhadap proses pemeliharaan yang dilakukan pada mesin dan peralatan.

#### 2. Wawancara

Pengumpulan data dengan cara *interview* secara langsung dengan karyawan perusahaan. Metode ini dilakukan untuk mendapatkan data perawatan yang dilakukan perusahaan.

#### 3. Dokumentasi

Merupakan teknik pengumpulan data dengan mengumpulkan data yang berupa catatan, arsip, buku yang telah ada. Dalam penelitian ini dokumentasi yang diperlukan adalah semua data kerusakan mesin yang ada di pabrik.

Untuk mendukung penelitian yang dilakukan ini maka digunakan beberapa data kualitatif dan data kuantitatif. Adapun data kualitatif dan kuantitatif, sebagai berikut.

#### 1. Data Kualitatif

Data kualitatif ini merupakan data yang tidak berbentuk bilangan. Data tersebut, antara lain:

- a. Fungsi komponen
- b. Data kegagalan
- c. Data penyebab kegagalan
- d. Data efek kegagalan

#### 2. Data Kuantitatif

Data kuantitatif merupakan data-data yang berbentuk bilangan. Data kuantitatif, antara lain:

- a. Waktu antar kerusakan
- b. Waktu perbaikan
- c. Biaya kegagalan

## 2.2 Tahap Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data ini akan dilakukan pengolahan data baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Pengolahan data secara kualitatif dan kuantitatif, antara lain:

### 2.2.1 Pengolahan Data Kualitatif

Data kualitatif terdiri dari data fungsi mesin, data kegagalan, data penyebab kegagalan dan data efek yang ditimbulkan apabila kegagalan terjadi. Pengolahan data kualitatif dilakukan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis*(FMEA). Adapun tahapan FMEA, antara lain:

1. Identifikasi *failure*
2. Identifikasi *function failure*
3. Identifikasi *failure mode*
4. Identifikasi *failure effect*
5. Perhitungan *severity*
6. Perhitungan *occurrence*
7. Perhitungan *detection*
8. Perhitungan RPN

### 2.2.2 Pengolahan Data Kuantitatif

Pengolahan data kuantitatif terdiri dari penentuan distribusi antar waktu kerusakan dan lama perbaikan, penentuan interval perawatan dan meminimasi biaya perawatan berdasarkan interval perawatan mesin.

1. Penentuan Distribusi Data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

Proses penentuan distribusi untuk data TTF dan TTR masing-masing komponen kritis adalah dengan membuat hipotesa apakah data kerusakan mengikuti salah satu dari keempat jenis distribusi kerusakan. Penentuan suatu distribusi data waktu kerusakan berdasarkan pada karakteristik suatu distribusi sesuai dengan aplikasi penggunaannya.

2. Uji Kesesuaian Distribusi Data Kerusakan

Setelah menduga jenis distribusi data TTF dan TTR, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji *goodness of fit* terhadap data TTF dan TTR yang diperoleh untuk meyakinkan apakah pola distribusi data yang diduga sudah sesuai dengan pola distribusi tertentu untuk diolah lebih lanjut untuk memperoleh parameter dari masing-masing komponen sesuai dengan distribusi yang terpilih.

3. Penentuan Parameter Sesuai Distribusi

Setelah didapatkan distribusi untuk masing-masing komponen, kemudian ditentukan parameter berdasarkan distribusi yang sesuai.

4. Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR)

Perhitungan MTTF dan MTTR dengan menggunakan parameter untuk masing-masing komponen. MTTF merupakan waktu rata-rata terjadinya kerusakan dan MTTR merupakan waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan perbaikan.

### 2.2.3 Perhitungan Total Biaya Perawatan Optimal

Setelah melakukan perhitungan MTTF dan MTTR, selanjutnya adalah melakukan perhitungan total biaya perawatan optimal. Total biaya perawatan optimum didapat dari total biaya perawatan terkecil dari masing-masing komponen kritis mesin *Blowing OM*. Pada tahap perhitungan Total biaya perawatan optimal sekaligus dapat menentukan interval perawatan optimum dengan total biaya perawatan terkecil sebagai dasar pemilihan interval perawatan optimal.

## 3. Analisis dan Pembahasan

### 3.1 Pengolahan data Kualitatif

#### 3.1.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Pada pengolahan data kualitatif ini akan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan (Moubray, 1997). Untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan tertinggi pada setiap failure atau kegagalan yang terjadi pada komponen *flat belt* dan *spike lattice*, maka dilakukan analisis dengan menggunakan metode FMEA. Penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Rumus perhitungan *risk priority number* (RPN) yaitu sebagai berikut.

$$RPN = S \times O \times D \quad (\text{Pers. 1})$$

Hasil analisis FMEA komponen kritis mesin *Blowing OM* dapat dijelaskan pada Tabel 1.

#### 3.1.2 RCM II Decision Worksheet I

##### a. Failure Consequence

Kerusakan pada mesin *Blowing OM* menyebabkan produksi benang akan terhenti yang akan mempengaruhi target sehingga akan mengakibatkan kerugian terhadap perusahaan.

**Tabel 1.** Hasil Analisis FMEA Komponen Kritis

FMEA WORKSHEET			SISTEM : SISTEM OPERASI BLOWING								
			SUBSISTEM : BLOWING OM								
No.	Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect			S	O	D	RPN
					Local	System	Plant				
1	Flat belt	Sebagai penghubung antar pulley roller dan pulley motor	Permukaan karet flat belt tidak rata	➢ Belt longgar ➢ Usia komponen flat belt	➢ Mesin Blowing OM tidak berjalan	➢ Mesin tidak dapat berjalan ➢ Material mengalami penumpukan pada mesin Blowing OM	➢ Shut down ➢ Tidak dapat memenuhi target produksi ➢ Biaya pemeliharaan meningkat	4	5	7	140
			Karet flat belt longgar	➢ Belt longgar ➢ Kurang pelumas ➢ Usia komponen flat belt				3	6	7	126
			Flat belt putus	➢ Belt putus ➢ Usia komponen flat belt				5	4	8	160
2	Spike lattice	Tempat untuk mencampur bahan baku menjadi homogen dan rata	Kayu pada spike lattice patah	➢ Bahan baku dengan kelembaban yang tinggi ➢ Bahan baku dengan jenis yang beraneka ragam	➢ Material menumpuk di conveyor ➢ Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya	➢ Akan mempengaruhi proses selanjutnya	➢ Target produksi bale tidak sesuai dengan yang diharapkan ➢ Biaya pemeliharaan meningkat ➢ Material bahan baku menjadi heterogen	6	5	8	240
			Paku-paku spike lattice patah	➢ Bahan baku kotor ➢ Bahan baku dengan jenis yang beraneka ragam				7	5	8	280

b. *Proactive Task*

Pada proses ini akan menentukan tindakan apa yang akan diberikan terhadap komponen komponen kritis di mesin *Blowing OM*. Komponen komponen kritis pada mesin *Blowing OM* akan diberikan tindakan *Scheduled On Condition Task* (SOCT). Tindakan *scheduled on condition task* berarti komponen akan dilakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan sehingga bisa diambil suatu tindakan yang bisa mencegah atau menghindari terjadinya *function failure* atau kegagalan.

c. *Proposed Task*

Setelah melakukan proses penggantian atau pengecekan, maka tindakan selanjutnya adalah menentukan tindakan perawatan yang akan dilakukan agar *functional failure* tidak dapat terjadi lagi atau meminimalisasi terjadinya hal tersebut. Setelah melakukan analisis dan pengamatan pada pihak *maintenance* di bagian mesin *Blowing OM*, maka dapat ditentukan tindakan-tindakan yang akan diberikan pada komponen-komponen mesin *Blowing OM* yang kritis. Perlakuan-perlakuan yang diberikan yaitu, *scheduled restoration task* (pemulihan

kondisi komponen), *scheduled discard task* (penggantian item/komponen yang gagal), dan *default action* dengan kategori *failure finding* (pengecekan komponen secara periodik). Pada Tabel 2 menampilkan RCM II *decision worksheet* pada komponen kritis.

### 3.2 Pengolahan Data Kuantitatif

#### 3.2.1 Penentuan Jenis Distribusi Untuk Time to Failure (TTF) dan Time to Repair (TTR) Permukaan Karet Flat Belt Tidak Rata Pada Komponen Flat Belt

Pendugaan jenis distribusi data TTF dan TTR Permukaan karet flat belt tidak rata pada komponen flat belt berdistribusi Weibull ini berdasarkan karakteristik Weibull yang merupakan distribusi yang biasanya digunakan untuk menggambarkan waktu hidup atau umur dari suatu komponen mesin yang berkaitan dengan laju kerusakan, maka langkah yang dilakukan adalah pengujian hipotesa lebih lanjut untuk memperkuat Weibull yang diduga adalah benar merupakan distribusi Weibull. Pengujian lebih lanjut itu adalah dengan melakukan uji *goodness of fit* untuk distribusi Weibull, yaitu uji Mann.

**Tabel 2. RCM II Decision Worksheet**

RCM DECISION WORKSHEET			SISTEM : SISTEM OPERASI BLOWING					Facilitator :		Date :
			SUBSISTEM : BLOWING OM					Auditor :		Year :
No.	Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect			Failure Consequences	Proactive Task	Proposed Task
					Local	System	Plant			
1	Flat belt	Sebagai penghubung antar pulley roller dan pulley motor	Permukaan karet flat belt tidak rata	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Belt longgar</li> <li>➤ Usia komponen flat belt</li> </ul>	➤ Kinerja Mesin Blowing OM terganggu	➤ Material mengalami penumpukan pada mesin Blowing OM	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tidak dapat memenuhi target produksi</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> </ul>	➤ Operational consequence	Scheduled on condition task	Scheduled discard task
			Karet flat belt longgar	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Belt longgar</li> <li>➤ Kurang pelumas</li> <li>➤ Usia komponen flat belt</li> </ul>	➤ Kinerja Mesin Blowing OM terganggu	➤ Material mengalami penumpukan pada mesin Blowing OM	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tidak dapat memenuhi target produksi</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> </ul>	➤ Operational consequence	Scheduled on condition task	Scheduled restoration task
			Flat belt putus	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Belt putus</li> <li>➤ Usia komponen flat belt</li> </ul>	➤ Mesin Blowing OM tidak dapat berjalan	➤ Mesin Blowing OM tidak dapat berjalan	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Shutdown</li> <li>➤ Tidak dapat memenuhi target produksi</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> </ul>	➤ Operational consequence	Scheduled on condition task	Scheduled discard task
2	Spike Lattice	Tempat untuk mencampur bahan baku menjadi homogen dan rata	Kayu pada spike lattice patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bahan baku dengan kelembaban yang tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Material menumpuk di conveyor</li> <li>➤ Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya</li> </ul>	➤ Akan mempengaruhi proses selanjutnya	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Target produksi bale tidak sesuai dengan yang diharapkan</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> <li>➤ Material bahan baku menjadi heterogen</li> </ul>	➤ Operational consequence	Scheduled on condition task	Scheduled discard task
			Paku-paku spike lattice patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bahan baku kotor</li> <li>➤ Bahan baku dengan jenis yang beraneka ragam</li> </ul>	➤ Tidak dapat membentuk bahan baku menjadi homogen	➤ Tidak dapat menuju ke proses selanjutnya	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Target produksi bale tidak dapat terpenuhi</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> </ul>	➤ Operational consequence	Scheduled on condition task	Scheduled discard task

### 3.2.2 Pengujian Kesesuaian Distribusi (Goodness of Fit Test) Data Time to Failure (TTF) Permukaan Karet Flat Belt Tidak Rata Pada Komponen Flat Belt

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah data benar-benar berdistribusi weibull. Untuk memperkuat distribusi Weibull yang diduga adalah benar merupakan distribusi Weibull, maka perlu dilakukannya uji goodness of fit dilakukan dengan menggunakan uji Mann. Hipotesis dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

#### 1. Formulasi Hipotesis

H<sub>0</sub>: Data TTF permukaan karet flat belt tidak rata pada komponen flat belt berdistribusi Weibull

H<sub>1</sub>: Data TTF permukaan karet flat belt tidak rata pada komponen flat belt tidak berdistribusi Weibull

### 3.2.3 Pengujian Kesesuaian Distribusi (Goodness of Fit Test) Data Time to Failure (TTF)

Contoh perhitungan pada i = 409,33

$$\ln(t_i) = \ln(i) \quad (\text{Pers. 2})$$

$$\ln(t_i) = \ln(409,33) = 6,014522$$

$$Z_i = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1-0,5}{36+0,25} \right) \right] = -4,27665 \quad (\text{Pers. 3})$$

$$M_i = Z_2 - Z_1 = -3,16392 - (-4,27665) = 1,112731 \quad (\text{Pers. 4})$$

$$\ln(t_2) - \ln(t_1) = 6,177944 - 6,014522 = 0,163422 \quad (\text{Pers. 5})$$

$$\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_i}{M_i} = \frac{0,163422}{1,112731} \quad (\text{Pers. 6})$$

$$F_{\text{hitung}} = \frac{k_1 \sum_{i=k+1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k_2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)} \quad (\text{Pers. 7})$$

$$= \frac{(18)(14005,2)}{17,5(10773,22)} = 1,337$$

Data Time to Failure (TTF) diurutkan dari data yang terkecil sampai dengan data yang terbesar. Hasil pengujian Uji Mann untuk data TTF menunjukkan  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$  ( $1,337 \leq 2,222$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $h_0$  diterima, yaitu data TTF permukaan karet flat belt tidak rata pada komponen flat belt berdistribusi Weibull.

### 3.2.4 Perhitungan parameter TTF

Setelah dilakukan uji goodness of fit, perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan parameter. Perhitungan parameter untuk Time to Failure (TTF) Permukaan karet flat belt tidak rata pada komponen flat belt yang berdistribusi Weibull ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{X} \quad (\text{Pers. 8})$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (\text{Pers. 9})$$

$$\alpha = b \quad (\text{Pers. 10})$$

$$\beta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \quad (\text{Pers. 11})$$

Perhitungan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah sebagai berikut :

$$\text{Gradien } b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

**Tabel 3.** Pengolahan Data Parameter TTF

i	ti	xi	F(ti)	yi	xiyi	xi2	yi2
1	409.33	6.014522	0.019231	-3.94155	-23.7065	36.17447	15.53582
2	482	6.177944	0.046703	-3.04012	-18.7817	38.16699	9.242337
3	489.66	6.193711	0.074176	-2.56303	-15.8747	38.36206	6.569118
..	...	...	...	...	...	...	...
36	869.16	6.767527	0.980769	1.37403	9.298788	45.79942	1.88796
<b>Jumlah</b>	24778.42	234.6872	18	-20.025	-123.006	1531.091	62.07517
<b>Rata-rata</b>	688.2894	6.51909	0.5	-0.55625	-3.41684	42.53031	1.72431

**Tabel 4.** Pengolahan Data Parameter TTR

i	ti	xi	F(ti)	yi	xiyi	xi2	yi2
1	1.16	0.14842	0.018717	-3.96891	-0.58907	0.022028	15.75227
2	1.16	0.14842	0.045455	-3.06787	-0.45533	0.022028	9.411842
3	1.16	0.14842	0.072193	-2.59119	-0.38458	0.022028	6.714252
..	...	...	...	...	...	...	...
37	1.95	0.667829	0.981283	1.380866	0.922183	0.445996	1.906791
<b>Jumlah</b>	55.72	14.7424	18.5	-20.5975	-1.88231	6.694721	63.9755
<b>Rata-rata</b>	1.505946	0.398443	0.5	-0.55669	-0.05087	0.180938	1.729068

$$= \frac{(36)(-123,006) - (234,6872)(-20,025)}{(36)(1531,091) - (234,6872)^2}$$

$$= 6,589$$

$$a = \bar{y} - b.\bar{x}$$

$$= (-0,55625) - (6,589)(6,51909)$$

$$= -43,513$$

$$\alpha = b$$

$$= 6,589$$

$$\beta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)}$$

$$= e^{-\left(\frac{-43,513}{6,589}\right)}$$

$$= 737,676$$

Keterangan :

$\alpha$  = Parameter bentuk

$\beta$  = Parameter skala

$$= \frac{(37)(-1,88231) - (14,7424)(-20,5975)}{(37)(63,9755) - (14,7424)^2}$$

$$= 4,638$$

$$a = \bar{y} - b.\bar{x}$$

$$= (-0,55669) - (4,638)(0,398443)$$

$$= -2,40484$$

$$\alpha = b$$

$$= 4,638$$

$$\beta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)}$$

$$= e^{-\left(\frac{-2,40484}{4,638}\right)}$$

$$= 1,679$$

Keterangan :

$\alpha$  = Parameter bentuk

$\beta$  = Parameter skala

### 3.2.5 Perhitungan Parameter TTR

Setelah dilakukan uji *goodness of fit*, perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan parameter. Perhitungan parameter untuk *Time to Repair* (TTR) permukaan karet *flat belt* tidak ratapada komponen *flat belt* yang berdistribusi *Weibull* ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$a = \bar{y} - b.\bar{X} \quad (\text{Pers. 12})$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (\text{Pers. 13})$$

$$\alpha = b \quad (\text{Pers. 14})$$

$$\beta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \quad (\text{Pers. 15})$$

Perhitungan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah sebagai berikut:

$$\text{Gradien } b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

### 3.2.6 Perhitungan MTTF

Setelah dilakukan perhitungan parameter, tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF). Oleh karena data *Time to Failure* (TTF) permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*, maka untuk perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* dilakukan dengan menggunakan rumus, sebagai berikut.

$$\text{MTTF} = \beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad (\text{Pers. 16})$$

$$\text{MTTF} = 737,676 \Gamma\left(1 + \frac{1}{6,589}\right)$$

$$\text{MTTF} = 737,676 (0,932)$$

$$\text{MTTF} = 687,514 \text{ Jam}$$

### 3.2.7 Perhitungan MTTR

Oleh karena data *Time to Repair* (TTR) permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*, maka untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* dengan menggunakan rumus, sebagai berikut.

$$MTTR = \beta \Gamma(1 + \frac{1}{\alpha}) \quad (\text{Pers. 17})$$

$$MTTR = 1,679 \Gamma(1 + \frac{1}{4,638})$$

$$MTTR = 1,679 (0,9141)$$

$$MTTR = 1,534 \text{ Jam}$$

### 3.2.8 Hasil rekapitulasi

Rekapitulasi uji distribusi data TTF komponen kritis mesin *Blowing OM* dapat dilihat pada Tabel 5. Tabel 6 merupakan rekapitulasi uji distribusi data TTR komponen kritis mesin *Blowing OM*. Tabel 7 merupakan rekapitulasi parameter komponen kritis mesin *Blowing OM*. Tabel 8 merupakan rekapitulasi nilai MTTF dan MTTR komponen kritis mesin *Blowing OM*

**Tabel 5.** Rekapitulasi Uji Distribusi Data TTF Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Komponen Kritis	Jenis Kerusakan	Distribusi (TTF)	Uji Distribusi	F <sub>Tabel</sub>	F <sub>Hitung</sub>	Hasil
<i>Flat Belt</i>	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,36,35} = 2,222$	1,337	H <sub>0</sub> Diterima
	Karet <i>flat belt</i> longgar	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,98,97} = 1,607$	1,440	H <sub>0</sub> Diterima
	<i>Flat belt</i> putus	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,32,31} = 2,340$	1,300	H <sub>0</sub> Diterima
<i>Spike Lattice</i>	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,30,29} = 2,411$	1,273	H <sub>0</sub> Diterima
	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,40,39} = 2,128$	1,409	H <sub>0</sub> Diterima

**Tabel 6.** Rekapitulasi Uji Distribusi Data TTR Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Komponen Kritis	Jenis Kerusakan	Distribusi (TTR)	Uji Distribusi	F <sub>Tabel</sub>	F <sub>Hitung</sub>	Hasil
<i>Flat Belt</i>	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,37,36} = 2,196$	1,250	H <sub>0</sub> Diterima
	Karet <i>flat belt</i> longgar	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,99,98} = 1,603$	1,435	H <sub>0</sub> Diterima
	<i>Flat belt</i> putus	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,33,32} = 2,308$	1,269	H <sub>0</sub> Diterima
<i>Spike Lattice</i>	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,31,30} = 2,375$	1,272	H <sub>0</sub> Diterima
	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,41,40} = 2,107$		

**Tabel 7.** Rekapitulasi Parameter Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Komponen	Jenis Kerusakan	Distribusi	Ket	Parameter	
				$\alpha$	$\beta$
<i>Flat Belt</i>	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	<i>Weibull</i>	TF	6,589	737,676
		<i>Weibull</i>	TR	4,638	1,679
	Karet <i>flat belt</i> longgar	<i>Weibull</i>	TF	5,418	289,006
		<i>Weibull</i>	TR	6,042	1,098
	<i>Flat belt</i> putus	<i>Weibull</i>	TF	7,659	777,190
		<i>Weibull</i>	TR	12,497	2,516
<i>Spike Lattice</i>	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	<i>Weibull</i>	TF	7,432	878,578
		<i>Weibull</i>	TR	13,788	3,644
	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	<i>Weibull</i>	TF	6,099	685,023
		<i>Weibull</i>	TR	16,407	4,579

**Tabel 8.** Rekapitulasi Nilai MTTF dan MTTR Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Komponen	Jenis Kerusakan	MTTF (Jam)	MTTR (Jam)
Flat Belt	Permukaan karet flat belt tidak rata	687,514	1,534
	Karet flat belt longgar	266,579	1,018
	Flat belt putus	729,781	2,414
Spike Lattice	Kayu pada spike lattice patah	824,106	3,509
	Paku-paku spike lattice patah	635,701	4,433

### 3.2.9 Perhitungan Total Biaya Perawatan Optimum

#### 1. Biaya Tenaga Kerja Perawatan

Biaya tenaga kerja merupakan biaya pekerja yang melakukan tindakan *maintenance* selama terjadi kerusakan pada mesin *Blowing OM*. Dimana jumlah jam kerja selama satu hari adalah 8 jam. Perhitungan biaya tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Biaya Tenaga Kerja Perawatan

No.	Tenaga Kerja Perawatan	Biaya Per hari	Jumlah Gaji/jam	Jumlah Tenaga Kerja
1.	Tenaga Teknisi	105.000	13.125	2 Orang
	<b>Jumlah</b>	210.000	26.250	2 Orang

#### 2. Biaya Kerugian Produksi

Biaya kerugian produksi merupakan biaya yang timbul akibat terjadinya *downtime*. Hal tersebut menyebabkan perusahaan mengalami kerugian (*loss production*) karena mesin tidak dapat produksi. Berikut ini akan dijelaskan perihal yang terjadi akibat *breakdown time* yang berpengaruh pada hasil produksi benang R30.

Pendapatan Benang R30 perjam = 10574 bale/perjam

Jika Harga Pokok Produksi (HPP) benang R30 per bale Rp 1.100,00 maka biaya kerugian produksi perjam, sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Co &= \text{Pendapatan Benang R30 perjam} \times \text{HPP benang R30} \quad (\text{Pers. 18}) \\ &= 10574 \text{ Bale} \times \text{Rp } 1.100 \\ &= \text{Rp } 11.631.400,00 \end{aligned}$$

#### 3. Biaya Pergantian Komponen

Biaya ini timbul akibat adanya kerusakan komponen yang membutuhkan penggantian komponen pada mesin *Blowing OM* dapat dilihat pada Tabel 4.26 di bawah ini.

**Tabel 10.** Harga Komponen untuk Perawatan Mesin *Blowing OM*

No.	Jenis Komponen Mesin	Harga Komponen
1.	Flat belt	Rp 1.000.000
2.	Spike lattice	Rp 2.550.000

#### 4. Biaya Perbaikan

Biaya Perbaikan merupakan biaya yang dikeluarkan bila terjadi kerusakan komponen. Biaya ini meliputi biaya komponen, biaya kerugian produksi akibat penggantian dan biaya tenaga kerja perawatan.

$$\begin{aligned} CF \text{ Corrective} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times T_f) \quad (\text{Pers. 19}) \\ &= (1.000.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 1,534) \\ &= \text{Rp } 18.882.845,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CM \text{ Preventive} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times T_p) \quad (\text{Pers. 20}) \\ &= (1.000.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 0,75) \\ &= \text{Rp } 9.743.237,5 \end{aligned}$$

Tabel 11 merupakan hasil biaya perbaikan (CF) komponen mesin *Blowing OM*.

**Tabel 11.** Hasil Biaya Perbaikan (CF) Komponen Mesin *Blowing OM*.

Nama Komponen	Jenis Kerusakan	Biaya Komponen (Cr) (Rp)	Kerugian Produksi/jam (Co) (Rp)	Biaya Tenaga Teknisi/jam (Cw) (Rp)	T <sub>r</sub> (Jam)	T <sub>p</sub> (Jam)	CF Corrective (Rp)	CM (Rp)
Flat belt	Permukaan karet flat belt tidak rata	1.000.000	11.631.400,00	26.250,00	1,534	0,75	18.882.845,1	9.743.237,5
	Karet flat belt longgar	1.000.000	11.631.400,00	26.250,00	1,018	0,5	12.867.487,7	6.828.825
	Flat belt putus	1.000.000	11.631.400,00	26.250,00	2,414	1,6	29.141.567,1	19.652.240
Spike lattice	Kayu pada spike lattice patah	2.550.000	11.631.400,00	26.250,00	3,509	2,3	43.456.693,85	29.362.595
	Paku-paku spike lattice patah	2.550.000	11.631.400,00	26.250,00	4,433	3	54.228.362,45	37.522.950



Keterangan :

- ( $T_f$ ) : Waktu Standar Perbaikan *Failure*  
 ( $T_p$ ) : Waktu Standar Perbaikan *Preventive*  
 CM : Biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang dijadwalkan (*Preventive Maintenance*)  
 CF : Biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang diluar perkiraan yang menyebabkan mesin berhenti

## 5. Total Biaya Perawatan Optimum

Berikut adalah langkah-langkah dan perhitungan TC komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, sebagai berikut:

### a. Perhitungan Probabilitas Rusak

Perhitungan probabilitas rusak pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P(TTF \leq TM) &= \int_0^{TM} f(t) dt \quad (\text{Pers. 21}) \\ &= \int_0^{TM} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}\right] dt \\ &= \int_0^{390} \frac{6,589}{737,676} \left(\frac{t}{737,676}\right)^{6,589-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{737,676}\right)^{6,589}\right] dt \\ &= 0,015 \end{aligned}$$

### b. Probabilitas Masih Baik

Perhitungan probabilitas masih baik pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P(TTF > TM) &= \int_{TM}^{\infty} f(t) dt \quad (\text{Pers. 22}) \\ &= \int_{TM}^{\infty} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}\right] dt \\ &= 1 - P(TTF \leq TM) \\ &= 1 - 0,01 \\ &= 0,985 \end{aligned}$$

### c. Perhitungan TC

Berikut ini merupakan contoh perhitungan TC untuk komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TC &= (P(TTF \leq TM)CF) + (P(TTF > TM)CM) \times \frac{365}{TM} \quad (\text{Pers. 23}) \\ &= (0,015 \times 18.882.845,1) + (0,985 \times 9.743.237,5) \times \frac{365}{180} \\ &= 9.265.133,61 \end{aligned}$$

Hasil rekap TC komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata pada mesin *Blowing OM* di Patal Lawang dapat dilihat pada Lampiran 2.

## 3.3 Analisis

### 3.3.1 Analisis Penurunan Total Biaya Perawatan

Pada Tabel 12 merupakan Total biaya perawatan komponen kritis mesin *Blowing OM* Patal Lawang.

**Tabel 12.** Total Biaya perawatan Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Nama Komponen	Jenis kerusakan	TC Perusahaan	TC Optimal	Penurunan Biaya
Flat belt	Permukaan karet flat belt tidak rata	10.024.869,98	7.973.519,82	2.051.350,16
	Karet flat belt longgar	17.618.165,76	11.000.673,81	6.617.491,95
	Flat belt putus	14.575.156,10	14.061.553,06	513.603,04
Spike Lattice	Kayu pada spike lattice patah	19.247.151,77	19.170.330,63	76.821,14
	Paku-pakuspike lattice patah	31.136.261,06	30.880.512,66	255.748,40
Jumlah		92.601.604,67	83.086.589,98	9.515.014,69

Untuk perhitungan TC perusahaan dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari Tabel 12 terdapat penurunan biaya terbesar terletak pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt* longgar. Perhitungan biaya ini sudah termasuk biaya komponen (perbaikan) dan biaya kerugian yang disebabkan *downtime*. Berikut ini adalah perhitungan penurunan biaya dalam mesin *Blowing OM* PT Industri Sandang Nusantara, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Jumlah Penurunan Biaya}}{\text{Jumlah TC Perusahaan}} \times 100\% \\ &= \frac{9.515.014,69}{92.601.604,67} \times 100\% \\ &= 10,27\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan penurunan biaya maka TC optimal dibandingkan dengan TC perusahaan mengalami penurunan biaya sebesar 10,27 %.

### 3.3.2 Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) II

Berdasarkan RCM II *decision worksheet* diperoleh bahwa tindakan yang perlu dilakukan untuk setiap komponen yang sering mengalami kerusakan yaitu *scheduled restoration task*. Pada *scheduled* ini membutuhkan tindakan perawatan yang dapat mengurangi kemacetan produksi, biaya perbaikan dan membatasi atau mengurangi gangguan-gangguan yang menghambat pelaksanaan produksi. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas untuk meningkatkan hasil produksi benang. Tabel 13 menunjukkan kegiatan perawatan yang disarankan dan interval perawatan yang optimal.

**Tabel 13.** Kegiatan Perawatan yang Disarankan dan Interval Perawatan yang Optimal

Mesin	Komponen Kritis	Jenis Kerusakan	Kegiatan Perawatan	Interval Perawat (Jam)
Blowing OM	Flat belt	Permukaan karet flat belt tidak rata	Scheduled discard task	510
		Karet flat belt longgar	Scheduled restoration task	260
		Flat belt putus	Scheduled discard task	580
	Spike lattice	Kayu pada spike lattice patah	Scheduled discard task	620
		Paku-pakuspike lattice patah	Scheduled discard task	500

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pemilihan komponen kritis mesin *Blowing OM* dapat diketahui bahwa komponen *flat belt* dan *spike lattice* merupakan komponen kritis yang menjadi penyebab utama dari masalah *breakdown* mesin *Blowing OM*. Komponen *flat belt* berkontribusi menyebabkan *breakdown* 176 kali, sedangkan komponen *spike lattice* sebesar 70 kali dalam kurun waktu 3 tahun.
2. Dari hasil analisis interval perawatan optimal dari masing-masing komponen Pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata memiliki interval perawatan optimal sebesar 510 jam dengan TC Rp 7.973.519,82, pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt* longgar memiliki interval perawatan optimal sebesar 260 jam dengan TC Rp 11.000.673,81, pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan *flat belt* putus memiliki interval perawatan optimal sebesar 580 jam dengan TC Rp 14.061.553,06 sedangkan pada komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan kayu pada *spike lattice* patah memiliki interval perawatan optimal sebesar 620 jam dengan TC optimal sebesar Rp 19.170.330,63, serta komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan paku-pakuspike lattice patah memiliki interval perawatan optimal sebesar 500 jam dengan TC optimal Rp 30.880.512,66.
3. Dari hasil perhitungan interval perawatan optimal (TM) penurunan biaya terbesar terdapat pada komponen *flat belt* dengan

jenis kerusakan *flat belt* putus sebesar Rp 6.617.491,95. Total penurunan biaya secara keseluruhan berjumlah Rp 9.515.014,69 atau sebesar 10,27 %.

4. Berdasarkan hasil analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II kegiatan perawatan yang dilakukan pada jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, *flat belt* putus, kayu pada *spike lattice* patah, dan paku-paku *spike lattice* patah adalah kegiatan perawatan *scheduled discard task*. Pada jenis kerusakan karet *flat belt* longgar dilakukan kegiatan perawatan *scheduled restoration task*.

#### Daftar Pustaka

- Assauri, Sofyan. (1993). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.
- Besterfield, Dale H. (2003). *Total Quality Management*. New Delhi : Dorling Kindersley.
- Corder, Anthony. (1996). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta : Erlangga.
- Ebeling, C.E. (1997). *AnIntroduction To Reliability And Maintainability Engineering*. McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hamid. (2012). *Sistem Perencanaan Perawatan Mesin dan Sistem Persediaan Suku Cadang dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance II dan Reliability Centered Spares* pada PT. X. Malang : Teknik Mesin Brawijaya.
- Jardine, A.K.S. (1993). *Maintenance, Replacement, and Reliability*. Canada: Pittman Publishing Company.
- Lewis, E.E., (1996), *Introduction to Reliability Engineering* 2nd edition, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Moubray, J. (1997), *Reliability Centered Maintenance 2<sup>nd</sup> Edition*, Industrial Press Inc., New York

## Lampiran 1. Perhitungan *Total Cost* Perusahaan

### 1. Perhitungan TC Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata

$$\begin{aligned} TC &= (P(TTF \leq TM)CF) \times \frac{365}{TM} \\ &= (1 \times 18.882.845,1) \times \frac{365}{687,514} \\ &= 10.024.869,98 \end{aligned}$$

### 2. Perhitungan TC Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan Karet *Flat Belt* Longgar

$$\begin{aligned} TC &= (P(TTF \leq TM)CF) \times \frac{365}{TM} \\ &= (1 \times 12.867.487,70) \times \frac{365}{266,579} \\ &= 17.618.165,76 \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan TC Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan *Flat Belt* Putus

$$\begin{aligned} TC &= (P(TTF \leq TM)CF) \times \frac{365}{TM} \\ &= (1 \times 29.141.567,10) \times \frac{365}{729,781} \\ &= 14.575.156,1 \end{aligned}$$

### 4. Perhitungan TC Komponen *Spike Lattice* Dengan Jenis Kerusakan Kayu Pada *Spike Lattice* Patah

$$\begin{aligned} TC &= (P(TTF \leq TM)CF) \times \frac{365}{TM} \\ &= (1 \times 43.456.693,85) \times \frac{365}{824,106} \\ &= 19.247.151,77 \end{aligned}$$

### 5. Perhitungan TC Komponen *Spike Lattice* Dengan Jenis Kerusakan Paku-Paku *Spike Lattice* Patah

$$\begin{aligned} TC &= (P(TTF \leq TM)CF) \times \frac{365}{TM} \\ &= (1 \times 454.228.362,45) \times \frac{365}{635,701} \\ &= 31.136.261,06 \end{aligned}$$

## Lampiran 2. Hasil rekap *Total Cost*

Komponen	Jenis Kerusakan	TM	Probabilitas Rusak	Probabilitas Masih Baik	TC (Rp)
<i>Flat Belt</i>	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	390	0,015	0,985	9.265.133,61
		420	0,024	0,976	8.717.309,54
		450	0,038	0,962	8.320.088,08
		480	0,057	0,943	8.062.933,90
		510	0,084	0,916	7.973.519,82
		540	0,12	0,88	8.061.363,42
		570	0,167	0,833	8.350.597,67
		600	0,226	0,774	8.855.126,37
		630	0,298	0,702	9.589.801,72
		660	0,381	0,619	10.529.725,14
		690	0,475	0,525	11.675.217,92
		720	0,574	0,426	12.942.886,42
		750	0,672	0,328	14.244.552,43
		780	0,764	0,236	15.502.496,83
		810	0,834	0,166	16.477.111,04
		840	0,905	0,095	17.491.173,34
		870	0,948	0,052	18.113.496,52
		900	0,975	0,025	18.509.559,57
		930	0,99	0,01	18.732.256,24
	Karet <i>flat belt</i> longgar	180	0,074	0,926	13.774.830,54
		200	0,127	0,873	12.514.025,65
		220	0,204	0,796	11.643.362,11
		240	0,306	0,694	11.144.991,49
		260	0,431	0,569	11.000.673,81
		280	0,569	0,431	11.158.302,66

		300	0,706	0,294	11.527.117,02
		320	0,824	0,176	11.973.696,48
		340	0,91	0,09	12.369.198,81
		360	0,963	0,037	12.647.566,44
		380	0,988	0,012	12.791.789,04
		400	0,997	0,003	12.847.579,15
		420	0,999	0,001	12.860.554,79
	<i>Flat belt putus</i>	440	0,013	0,987	16.469.335,19
		460	0,018	0,982	15.837.488,17
		480	0,025	0,975	15.298.832,74
		500	0,034	0,966	14.849.179,88
		520	0,045	0,955	14.484.985,05
		540	0,06	0,94	14.234.945,03
		560	0,078	0,922	14.082.985,68
		580	0,101	0,899	14.061.553,06
		600	0,129	0,871	14.172.165,29
		620	0,162	0,838	14.416.144,59
		640	0,202	0,798	14.830.515,22
		660	0,249	0,751	15.418.331,67
		680	0,302	0,698	16.163.696,18
		700	0,362	0,638	17.086.986,05
		720	0,427	0,573	18.152.015,45
		740	0,497	0,503	19.359.106,15
		760	0,569	0,431	20.649.436,07
		780	0,642	0,358	22.001.140,18
		800	0,713	0,287	23.351.275,34
		820	0,779	0,221	24.634.509,97
<i>Spike Lattice</i>	<i>Kayu pada spike lattice patah</i>	600	0,057	0,943	19.321.128,86
		620	0,072	0,928	19.170.330,63
		640	0,091	0,909	19.176.541,30
		660	0,112	0,888	19.286.853,18
		680	0,138	0,862	19.582.837,38
		700	0,169	0,831	20.067.203,41
		720	0,204	0,796	20.713.788,26
		740	0,244	0,756	21.552.506,90
		760	0,289	0,711	22.585.344,84
		780	0,338	0,662	23.784.367,43
		800	0,393	0,607	25.210.267,85
		820	0,451	0,549	26.774.363,56
		840	0,511	0,489	28.445.397,66
		860	0,574	0,426	30.252.967,73
		880	0,637	0,363	32.102.819,69
		900	0,698	0,302	33.929.037,69
		920	0,755	0,245	35.663.880,01
		940	0,808	0,192	37.302.083,80
		960	0,855	0,145	38.774.239,22
		980	0,895	0,105	40.042.028,19
	<i>Paku-paku spike lattice patah</i>	1000	0,927	0,073	41.066.721,54
		420	0,049	0,951	33.668.567,83
		440	0,065	0,935	32.628.581,65
		460	0,084	0,916	31.827.841,37
		480	0,108	0,892	31.308.167,44
		500	0,13	0,87	30.880.512,66
		520	0,174	0,826	31.191.108,52
		540	0,213	0,787	31.511.113,43
		560	0,258	0,742	32.137.954,21
		580	0,308	0,692	33.042.933,41
		600	0,363	0,637	34.225.351,39
		620	0,423	0,577	35.684.598,74
		640	0,486	0,514	37.354.485,17
		660	0,551	0,449	39.197.174,17
		680	0,616	0,384	41.138.813,43
		700	0,68	0,32	43.136.258,69
		720	0,742	0,258	45.145.134,11
		740	0,798	0,202	47.012.837,43
		760	0,848	0,152	48.724.826,71
		780	0,89	0,11	50.194.712,38
		800	0,924	0,076	51.408.115,20